



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

REUSO DE EFLUENTE EM FERTIRRIGAÇÃO DE *Cocos nucifera* L.

Helenice Rech¹; Marco Tulio Bertolino²; Paulo José Dalamelino³

RESUMO

Existe uma crescente competição pelo uso de água entre os diversos setores da sociedade, onde a agricultura é uma grande consumidora da água doce disponível. Por isso, sempre que possível em condições seguras e controladas é desejável a utilização de lançamentos de estações de tratamento de efluentes (ETEs) para irrigação, pois fornece água e nutrientes essenciais aos cultivos agrícolas possibilitando ao mesmo tempo a liberação deste recurso hídrico para outras atividades, além de evitar que sejam despejados em corpos receptores onde teriam um potencial poluidor. O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de efluente de uma indústria alimentícia para irrigação de uma plantação experimental de *Cocos nucifera* L. cv. Anão Verde, considerando a economia de água gerada, a análise de riscos ao solo e possível redução da necessidade de adubação. Para conhecer a composição do efluente tratado por processo coagulação e flotação e do solo fertirrigado, foram realizadas análises físico-químicas e os dados comparados com a necessidade nutricional destas plantas. O trabalho demonstrou que a sua utilização após tratamento adequado não prejudica o solo e as plantas e diminui a necessidade de adubação química.

Palavras chave: Fertirrigação; Coco; reuso de efluente; solo; nutrientes.

REUSE OF WASTEWATER IN FERTIGATION OF *Cocos nucifera* L.

ABSTRACT

There is an increasing competition for water use among various sectors of society, where agriculture is a major consumer of freshwater available. Therefore, whenever possible under safe and controlled is desirable to use releases of effluent treatment plants for irrigation because it provides water and nutrients to crops while enabling the release of this water resource for other activities, and prevent them from being dumped into receiving bodies which have a potential polluter. The aim of this study was to evaluate the use the food industry wastewater for irrigation of a coconut plantation of *Cocos nucifera* L. cv. Green Dwarf, considering water savings generated, analysis of risks to soil and possible reduction of fertilizing. To know the composition of treated wastewater by process of coagulation:flotation and of the fertirrigated soil, were performed physic-chemical analysis and the data compared with the nutritional need of the plants. The study demonstrated that its use after proper treatment does not affect the soil and plants and reduces the need for fertilizing.

Key words: Fertigation; *Cocos nucifera* L.; reuse of wastewater; soil; nutrients.

¹ Eng^a. Química, Mestre em Engenharia Ambiental (UFES), Gerente da Garantia da Qualidade e Meio Ambiente (Ducoco Alimentos S/A).

² Químico, Mestre em Engenharia Ambiental (FURB), Gerente de Operações e Qualidade Corporativa (Ducoco Alimentos S/A), Professor e Coordenador no MBA de Gestão da Qualidade e Engenharia de Produção do IPOG – Instituto de Pós Graduação.

³ Eng^o. Químico, Técnico de Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Máximo (2005), o setor agrícola brasileiro consome cerca de 70% dos recursos hídricos disponíveis, o que torna o reuso de um efluente direcionado a esta atividade um fim nobre pela perspectiva ambiental, pois economiza a água que seria usada nesta atividade e que poderá ser destinada a outros usos, além de evitar que tal efluente seja lançado em um corpo receptor como um córrego ou rio, onde exerceria um potencial poluidor.

Segundo Onyango (2002), cerca de 250 milhões de hectares são irrigados no mundo hoje, quase cinco vezes mais do que no início do século XX. A irrigação tem ajudado a aumentar a produção dos campos agrícolas e estabilizar a produção e preços de alimentos. Mas o crescimento populacional apenas aumentará a demanda por mais água para irrigação, visando atender as necessidades de produção de alimentos. Por meio do manejo inadequado da irrigação, percebe-se o rebaixamento nos lençóis freáticos, danificação do solo e redução da qualidade da água, então o reuso é capaz de minimizar estes impactos ambientais, tornando a irrigação uma prática sustentável.

Há de se considerar também como mostra Fernandez & Garrido (2002), que o volume de água para a agricultura irrigada

não é suprido naturalmente por meio de chuvas, tornando necessário a aplicação artificial aos cultivos, de forma a otimizar o desenvolvimento de uma determinada cultura, no caso deste trabalho do *Cocos nucifera L.* Por meio da irrigação, pode-se intensificar a produção agrícola, regularizando ao longo do ano as disponibilidades e os estoques de cultivares, uma vez que esta prática permite uma produção na contra-estação. Além disso, a agricultura irrigada reduz as incertezas, prevenindo o agente econômico contra a irregularidade das chuvas anual e interanual.

No entanto, tanto Máximo (2005) quanto Silva (2008) enfatizam que este uso requer cuidados, para evitar impactos ambientais no solo ou na cultura que receberá o efluente através da irrigação.

Mas não há só riscos, há também benefícios que vão além do reaproveitamento do próprio recurso hídrico, como exposto por Brega Filho & Mancuso (2002) de que a prática de reuso de água no meio agrícola, além de garantir a recarga do lençol freático, serve para fertirrigação de diversas culturas. A utilização de água proveniente de reuso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas

cruas e cozidas), necessitando essas de um nível maior de controle.

Porém, conforme Beekman (1996), grandes volumes de águas servidas podem ser utilizadas em categorias de reuso, como agricultura irrigada e recarga de aquíferos, devendo-se atentar, como já mostrado por Máximo (2005) e Silva (2008) para suas limitações sanitárias e ambientais de aplicação.

Ainda para Beekman (1996), uma das reaplicações de água com retorno expressivo está na utilização das águas servidas do meio urbano para um segundo uso na agricultura. Apesar destas águas serem consideradas “poluídas”, as águas servidas contêm nutrientes que beneficiam o solo. Em geral, o setor agrícola despende de vultosos recursos em fertilizantes químicos para compensar as necessidades das culturas em nitrogênio, fósforo e potássio, que estão contidos em grandes quantidades nas águas servidas de origem urbana ou doméstica.

Bernardi (2003) diz que embora no Brasil já esteja realizando a prática de reuso em alguns Estados, como principalmente em São Paulo, não existe nenhuma legislação específica tratando da temática. Porém, como indutores do início do processo de regulamentação, grupos de trabalho e técnicos do setor discutem e avaliam em diversos encontros e

seminários nacionais e internacionais a questão, estimulando para a institucionalização da reciclagem e reuso sempre que possível, para a promoção do tratamento e disposição de esgotos, evitando a poluição ambiental. Por isso, trabalhos que pesquisem, avaliem e concluam sobre o tema mostram serem de valor não só científico, mas também para decisões de cunho prático a serem tomadas pela sociedade.

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável. Por meio do planejamento integrado dos recursos de águas naturais e águas servidas, a reutilização pode propiciar suficiente flexibilidade para o atendimento das demandas de curto prazo, assim como, assegurar o aumento da garantia no suprimento de longo prazo.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, WHO (1973), o reuso

de águas pode ser classificado em três tipos:

- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada em águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de efluentes tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: é o reuso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Baseado na WHO (1973) define-se que este trabalho propõe o uso de efluente industrial tratado para reuso direto na irrigação de uma plantação de *Cocos nucifera L.*

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na indústria Ducoco Alimentos S/A, localizada na

cidade de Linhares no estado do Espírito Santo. A indústria produz derivados de coco e o efluente gerado é tratado e utilizado na fertirrigação de uma plantação experimental de coqueiros. Foram realizadas análises físico-químicas do efluente gerado e do solo e os dados avaliados com o objetivo de verificar a interferência da fertirrigação nas características do solo bem como no desenvolvimento das plantas irrigadas.

Tratamento de efluente. O efluente usado na irrigação da plantação de coqueiros experimental foi tratado por uma Estação de Tratamento de Efluentes físico químico, conforme esquema apresentado na Figura 1.

Neste sistema, inicialmente o efluente bruto, numa vazão média de 5 m³ por hora, passa por uma peneira estática para remoção de sólidos finos como por exemplo, resíduos de coco ralado.

Na sequência segue para um tanque de equalização com capacidade de 166 m³, que permite estabilizar e homogeneizar as características físicas e químicas do efluente e assim reduzir variações bruscas, aumentando a eficiência e facilitando o tratamento.

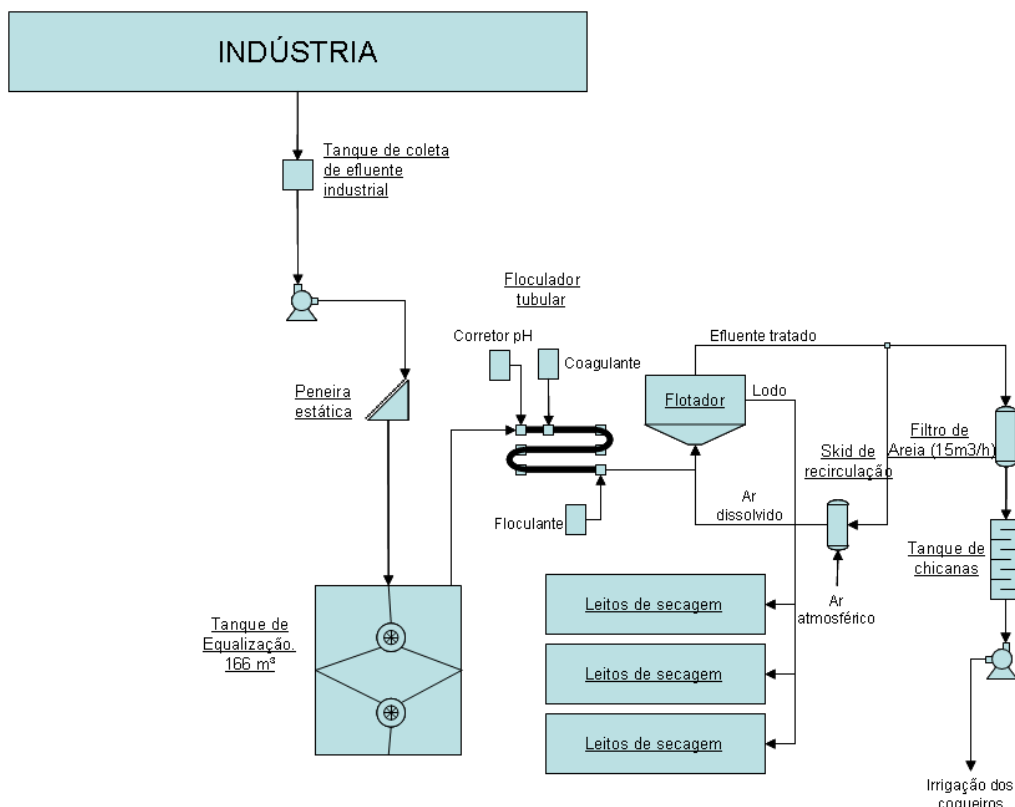


Figura 1: Esquema da estação de tratamento de efluentes.

Na etapa seguinte o efluente é transferido para um floculador tubular onde ocorre adição de hidróxido de sódio para a correção de pH, após de um agente coagulante para formação de flocos e por último de polímero aniônico para aumentar o tamanho destes flocos e melhorar a eficiência da etapa seguinte.

O efluente é então transferido para o flotador de ar dissolvido para a remoção dos flocos formados. Neste tanque são injetadas microbolhas de ar dissolvido que promovem a flotação dos flocos, ocorrendo assim o arraste para a superfície do flotador. O lodo formado na superfície é raspado através de mecanismo de pás e coletado em um tanque de onde é

transferido para leitos de secagem para remoção da umidade, garantindo ao processo uma eficiência superior a 99% na remoção de sólidos.

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no processo de tratamento apresentado, utilizando a flotação para separação dos flocos formados.

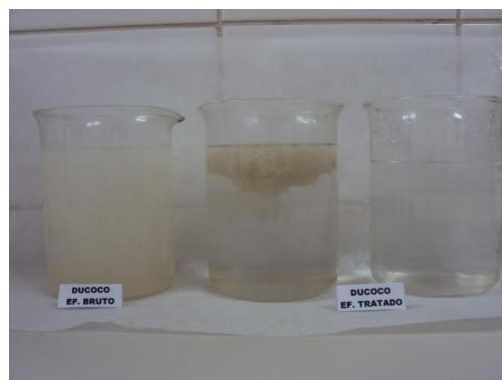


Figura 2 – Resultado em escala de laboratório do tratamento através da flotação.

Do flotor o efluente passará ainda por um filtro de areia que garante a completa remoção de sólidos suspensos antes de seguir para a irrigação da plantação experimental de coqueiros. Neste processo não há um tratamento secundário biológico, seja aeróbio ou anaeróbio, que teria eficiência especialmente sobre matéria orgânica solúvel, pois como o destino final deste efluente é ser usado em irrigação e não ser lançado a um corpo hídrico receptor, o parâmetro, sólidos solúveis que geralmente conferem Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) não é um parâmetro demasiado importante.

Fertirrigação. A quantidade total de efluente tratado é destinada a irrigação de 504 mudas de *Cocos nucifera L.* cv. Anão Verde distribuídos em uma área de 30.000 m². As plantas encontram-se espaçadas triangularmente com distâncias de 7,5 x 7,5 m e toda a área está equipada com sistema de irrigação por micro aspersores com capacidade para 90 L.h⁻¹ para cada um. Em média o volume de efluente que pode ser lançado em cada planta é de até 178 L.dia⁻¹.

Coleta e análise de amostras de solo. Amostras de solo foram coletadas na região de coroamento das plantas do coqueiro, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm do solo. Para cada profundidade de solo selecionada foram coletadas sub amostras de 15 pontos, distribuídas uniformemente entre toda a área plantada. As sub amostras foram homogeneizadas manualmente formando uma amostra composta para análise dos parâmetros selecionados. As coletas e análises foram repetidas 4 e 8 meses após a realização do primeiro monitoramento.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros analisados para avaliar a composição química do solo e a metodologia empregada para análise de cada parâmetro citado.

Coleta e análise de amostras de efluente. Amostras do efluente tratado foram coletadas após passar por todas as etapas de tratamento, antes de enviar para fertirrigação. A Tabela 2 apresenta os parâmetros selecionados no monitoramento e respectivas metodologias de análise empregadas.

Tabela 1. Parâmetros físico químicos para análise de solo e respectivas metodologias de análise empregadas.

Parâmetro	Método de Análise
Alumínio	Extração: KCl 1mol.L ⁻¹
Argila dispersa em água	Método do Densímetro
Boro	Extração: BaCl ₂ 2H ₂ O 0,125%
Cálcio	Extração: KCl 1mol. L ⁻¹
Cobre	Extração: HCl 0,05 mol. L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,025 mol.L ⁻¹
Enxofre	Extração: Ca (H ₂ PO ₄) ₂ 0,01 mol. L ⁻¹
Ferro	Extração: HCl 0,05 mol/L + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
Fósforo Melich	Extração: HCl 0,05 mol/L + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
H + Al ₅	Solução Tampão SMP
Magnésio	Extração: KCl 1mol. L ⁻¹
Manganês	Extração: HCl 0,05 mol. L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
Matéria Orgânica	Oxidação: Na ₂ Cr ₂ O ₇ 2H ₂ O + 4 mol/L H ₂ SO ₄ 10 mol. L ⁻¹
Potássio	Extração: HCl 0,05 mol. L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
Sódio	Extração: HCl 0,05 mol. L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
Zinco Total	Extração: HCl 0,05 mol. L ⁻¹ + H ₂ SO ₄ 0,025 mol. L ⁻¹
pH em água	pH em H ₂ O 1:2,5

Tabela 2. Parâmetros físico químicos para análise de efluente e respectivas metodologias de análise empregadas.

Parâmetro	Método de Análise
Alumínio total	SMWW ^(*) , 3120 B
Boro total	SMWW ^(*) , 3120 B
Cálcio total	SMWW ^(*) , 3120 B
Cloreto total	SMWW ^(*) , 300 e 300.1
Cobre total	SMWW ^(*) , 3120 B
Coliformes termotolerantes	SMWW ^(*) , 9223 A e B
Condutividade	SMWW ^(*) , 2510 B
Cor real	SMWW ^(*) , 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxigênio Solúvel (DBO5 solúvel)	SMWW ^(*) , 5210 B
Dureza total	SMWW ^(*) , 2340 A, B e C
Fenóis totais	SMWW ^(*) , 5530 D
Ferro total	SMWW ^(*) , 3120 B
Fósforo total	SMWW ^(*) , 3120 B
Magnésio total	SMWW ^(*) , 3120 B
Manganês total	SMWW ^(*) , 3120 B
Nitrato (como N)	SMWW ^(*) , 4500-NO ₃ -H
Nitrito (como N)	SMWW ^(*) , 4500 - NO ₂ - B
Nitrogênio total	Soma do NTK, NO ₃ e NO ₂
pH	SMWW ^(*) , 4500 - H+ B
Potássio total	SMWW ^(*) , 3120 B,
Razão de absorção de Sódio	RAS=Na+/(Ca+ + Mg+)/2)1/2 - Richards 1954 íons expressos em mmolcL-1
Sódio total	SMWW ^(*) , 3120 B
Sólidos Dissolvidos totais	SMWW ^(*) , 2540C
Sulfato total	SMWW ^(*) , 300 e 300.1
Turbidez	SMWW ^(*) , 2130 B
Zinco total	SMWW ^(*) , 3120 B

(*) – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005, 21° ed. – American Public Health Association.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do efluente tratado. A Tabela 3 apresenta os resultados das análises do efluente tratado utilizado na fertirrigação. Os resultados

obtidos são comparados com os padrões definidos na Resolução CONAMA 357, de 17/03/2005, para águas doces classe 3, destinadas entre outros fins, para irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Tabela 03: Resultados da análise de efluente utilizado na fertirrigação.

Parâmetro	Unidade	Padrão	Resultado
Alumínio total	mg.L ⁻¹	-	0,089
Boro total	mg.L ⁻¹	0,75	0,139
Cálcio total	mg.L ⁻¹	-	8,1
Cloreto total	mg.L ⁻¹	250	88,3
Cobre total	mg.L ⁻¹	-	<0,005
Cor real	mgPt-Co.L ⁻¹	75	6
Demanda Bioquímica de Oxigênio Solúvel (DBO ₅ solúvel)	mg.L ⁻¹	10	200
Dureza total	mg.L ⁻¹	-	28
Ferro total	mg.L ⁻¹	5	0,637
Fósforo total	mg.L ⁻¹	0,15	0,01
Magnésio total	mg.L ⁻¹	-	2,7
Manganês total	mg.L ⁻¹	0,5	0,162
Nitrato (como N)	mg.L ⁻¹	10	1,7
Nitrito (como N)	mg.L ⁻¹	1	0,27
Nitrogênio total	mg.L ⁻¹	-	3,2
pH	-	6 - 9	6,2
Potássio total	mg.L ⁻¹	-	9,2
Razão de absorção de Sódio	-	-	38,04
Sódio total	mg.L ⁻¹	-	88,4
Sólidos Dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	500	366
Sulfato total	mg.L ⁻¹	250	3
Turbidez	UNT	100	4,7
Zinco total	mg.L ⁻¹	5	0,137

O pH se encontra dentro da faixa definida para águas doces classe 3 (CONAMA 357, 2005) e muito próximo à neutralidade.

Os parâmetros analisados, também com valores de referências definidos na referida resolução: cor real ou verdadeira,

turbidez, sólidos dissolvidos totais, Sulfatos, Boro, Zinco, Cloretos, Ferro, Manganês, Nitrato e Nitrito, se encontram todos dentro ou abaixo do valor máximo especificado.

Os valores baixos encontrados para os parâmetros cor real ou verdadeira e sólidos dissolvidos totais indicam que o

sistema de tratamento adotado é muito eficiente na remoção de sólidos dissolvidos e os baixos resultados de turbidez que é eficiente na remoção também de sólidos suspensos. Os demais parâmetros citados estão baixos, pois não há presença deste tipo de substância em quantidades significativas em efluentes industriais que processam derivados de coco.

Para o parâmetro fósforo, esta resolução define padrões para ambientes lênticos e lóticos, no qual não se aplicam ao efluente, que não vem de um corpo hídrico e também não há padrão especificado para este parâmetro para lançamento de efluentes em corpos d'água. Este efluente não será disposto em corpo receptor e o valor padrão exposto na tabela serve apenas como referência. O efluente usado, segundo avaliação de fertirrigação apresentado na Tabela 4, não é suficiente para atender a necessidade de fósforo das plantas e é realizada suplementação com fertilizante fosfatado, quantidades maiores de fósforo seriam desejáveis para reduzir a necessidade de adubação.

Valores acima também são encontrados para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio, uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no efluente. Para este parâmetro esta também é uma característica interessante para efluente usado em

fertirrigação, pois fornece matéria orgânica para o solo e assim melhora o desenvolvimento das plantas.

Nutrientes necessários ao crescimento sadio do *Cocos nucifera L.*

Nitrogênio

O nitrogênio é absorvido pelas plantas do coqueiro, preferencialmente, nas formas iônicas de nitrato e amônio. Também é utilizado na síntese de aminoácidos que compõem as proteínas, sendo também necessário para outros compostos como a clorofila, ácidos nucleicos e enzimas. Tanto em plantas jovens como adultas, o nitrogênio estimula o crescimento vegetativo. Em plantas em produção, possivelmente influencia a produção de frutos e copra (Filho, 2002).

As causas de deficiência de nitrogênio são baixa pluviosidade ou excesso dela causando o lixiviamento do nitrato, condições de solo desfavorável a mineralização do nitrogênio e a presença de ervas invasoras pela falta de coroamento e roçagem. O nitrogênio tem uma clara interação com o fósforo (Filho, 2002).

Pelos dados apresentados na Tabela 4, pode-se verificar que a quantidade de nitrogênio fornecida para a planta pela fertirrigação é inferior à necessidade da planta. Para atender a necessidade, é

necessário realizar suplementação com fertilizantes como a uréia, por exemplo.

Potássio

O potássio é um elemento de muita importância para o coqueiro, sendo sua deficiência muito comum. Ele aumenta a produção de frutos, o conteúdo da copra, não tendo efeito no número de flores femininas por cacho, mas aumenta o número de cachos produzidos e o vingamento de flores femininas (Filho, 2002).

O dano causado pela deficiência de potássio, durante a fase de crescimento, é

irreparável. Mesmo com uma fertilização adequada, mais tarde, tais palmeiras produziram menos que aquelas que não sofreram deficiência anteriormente (Filho, 2002).

Nos dados apresentados na Tabela 4, para idade de coqueiro entre 2 e 4 anos (período de crescimento) o potássio fornecido é quase suficiente para atender a necessidade da planta, sendo necessária pequena adição de fertilizante para atender a necessidade total, porém à partir de 4-5 anos, planta adulta e já produzindo, requer maiores quantidades de fertilizantes.

Tabela 04: Avaliação de necessidade de nutrientes do coco Anão Verde (*Cocos nucifera L.*)

Idade do Coqueiro	Análise Solo (mg.dm ⁻³) ₁	Resultado Análise Efluente (mg.dm ⁻³)	Irrigação (L.pl ⁻¹ .dia ⁻¹) ²	Irrigação (m ³ .pl ⁻¹ .ano ⁻¹)	Contribuição o fertirrigação (Kg.pl ⁻¹ .ano ⁻¹) ₃	Recomendação de Adubação (Kg.pl ⁻¹ .ano ⁻¹) ₄	Necessidade de Adubação (Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) ₅
1. NITROGÊNIO							
2-3 anos	-	3,92	178	64,97	0,25	0,36	18,11
3-4 anos	-	3,92	178	64,97	0,25	0,48	38,75
4-5 anos	-	3,92	178	64,97	0,25	0,60	59,39
2. POTÁSSIO							
2-3 anos	59*	18	178	64,97	1,17	0,72	-77,31
3-4 anos	59*	18	178	64,97	1,17	0,96	-36,03
4-5 anos	59*	18	178	64,97	1,17	1,20	5,25
* Valor equivalente à 1,5 mmol.(dm ³) ⁻¹ .							
3. FÓSFORO							
2-3 anos	2	0,22	178	64,97	0,01	0,27	43,98
3-4 anos	2	0,22	178	64,97	0,01	0,36	59,46
4-5 anos	2	0,22	178	64,97	0,01	0,45	74,94
4. ZINCO							
À partir 2º Ano	2,4	0,23	178	64,97	0,01	0,03	2,43
5. BORO							

À partir							
2º Ano	0,49	0,076	178	64,97	0,00	0,01	1,15

6. COBRE (DTPA)

(Para converter o resultado de Cu Mehlich para Cu DTPA, multiplicar o valor por 1,153 e diminuir o valor 0,1954)

Qualquer							
idade	1,5341	0	178	64,97	0,00	0,00*	0,00

(*) Para resultados de Cu DTPA acima de $0,8 \text{ mg} \cdot (\text{dm}^3)^{-1}$ no solo, não é necessário realizar adubação deste micronutriente.

7. MANGANÊS (DTPA)

(Para converter o resultado de Mn Mehlich para Mn DTPA, multiplicar o valor por 0,5036 e somar o valor 0,5435)

Qualquer							
idade	30,7595	0	178	64,97	0,00	0,00*	0,00

(*) Para resultados de Mn DTPA acima de $5,0 \text{ mg} \cdot (\text{dm}^3)^{-1}$ no solo, não é necessário realizar adubação deste micronutriente.

8. CÁLCIO

Qualquer							
idade	1,0*	266,5	178	64,97	17,31	1,40	-2737,29

(*) Realizada a conversão de cmol para $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, ou seja, 2,5 cmol equivalem à $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

(1) Análise na camada 20 - 40 cm, onde fica sistema radicular do coqueiro

(2) Resultado obtido do volume médio diário efluente gerado, conforme tabela apresentada no item 1.

(3) Quantidade de nutriente fornecida pela fertirrigação, exclusivamente do efluente, sem considerar adubação.

(4) Referência: TEIXEIRA L.A., et al. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA COQUEIRO (*Cocos nucifera L.*);

SOBRAL, L.F., et al. COQUEIRO ANÃO VERDE.

(5) Dados calculados considerando 172 plantas.ha⁻¹.

Fósforo

O fósforo participa das reações ligadas ao ADP, as quais envolvem o transporte de energia. No coqueiro, o fósforo aumenta a produção de flores femininas e frutos, mas tem pouca influência no rendimento da copra. Embora conhecido como macroelemento para as plantas, o fósforo é absorvido pelo coqueiro em modestas quantidades (Filho, 2002).

Pelos dados apresentados na Tabela 4, pode-se verificar que a quantidade de fósforo fornecida para a planta pela fertirrigação é inferior à necessidade. Para ocorrer o desenvolvimento normal, deve ser realizada ainda a suplementação com aplicação de fertilizantes químicos, como fosfato natural.

Zinco

O zinco é pouco móvel na planta, participando dos processos de controle hormonal, respiração e síntese de proteínas (Filho, 2002).

Os teores de zinco fornecidos por fertirrigação com efluente são abaixo da recomendação de adubação para esta cultura (Tabela 4). Também para atender a necessidade deste microelemento, deve ser realizada adição de fertilizante ao solo.

Boro

O boro é relativamente imóvel na planta. Ele tem função no transporte de açúcares, na síntese de ácidos nucléicos, no metabolismo de carboidratos e desenvolvimento meristemático. A deficiência de boro caracteriza-se por folíolos unidos, folhas novas retorcidas, ausência de folíolos na base da ráquis e deformações no ponto de crescimento (Filho, 2002).

Também para este microelemento, o efluente utilizado na fertirrigação apresenta teores baixos de boro, contribuindo pouco com a adubação da plantação de coqueiros. O solo do local já apresenta resultados deste elemento dentro da recomendação de $0,36 - 0,60 \text{ mg.}(\text{dm}^3)^{-1}$, não sendo necessária a suplementação com adubo químico na etapa de realização deste estudo.

Cobre

O cobre é pouco móvel na planta, participando dos processos de regulação hormonal, respiração e fotossíntese. O sintoma de deficiência se caracteriza pelo

curvamento de folhas novas e secagem de folíolos (Filho, 2002).

O cobre não está presente no efluente gerado na estação de tratamento de efluentes, conforme dados apresentados na Tabela 3. Também de acordo com recomendações de adubação, pelo teor já presente no solo e necessidade da planta (Tabela 4), não se faz necessária a suplementação do elemento.

Manganês

O manganês é pouco móvel na planta, participando dos processos de fotossíntese, respiração e síntese de proteínas. Sintomas de deficiência de manganês não são comuns em solos tropicais intemperados, por serem ricos neste elemento que se apresenta na forma absorvida pela planta em grandes quantidades (Filho, 2002).

O manganês também não está presente no efluente objeto deste estudo, não contribuindo de forma negativa ou positiva com a incorporação deste elemento ao solo. Também de acordo com recomendações de adubação e pelo teor já presente no solo e necessidade da planta (ver Tabela 4), não se faz necessária a suplementação deste elemento.

Cálcio

O cálcio é de reduzida mobilidade no coqueiro. Dados de análise foliares (Filho, 2002) demonstram que o coqueiro pode

absorver grandes quantidades de cálcio sem qualquer efeito danoso à planta. Já a deficiência de cálcio causa manchas isoladas no primeiro estágio, coalescendo e secando ao final. Em folhas jovens, as manchas são uniformemente distribuídas, porém a partir da folha nº 4, estas manchas se concentram na base.

O efluente utilizado, no qual atualmente não utiliza produtos contendo cálcio no processo de tratamento, contribui com 0,53 Kg Ca.planta⁻¹.ano⁻¹. Porém devido á grande necessidade deste elemento para o coqueiro, esta quantidade não é suficiente, sendo ainda necessária a adição deste fertilizante à base de cálcio para suprir as necessidades da planta.

Sódio

O sódio é um elemento naturalmente presente no solo e a sua adição quase nunca é necessária, sendo que em excesso pode causar a salinização e redução da

fertilidade do solo. Neste item estamos avaliando se a quantidade presente de sódio no efluente gerado pode causar salinização. O efluente gerado apresentou no monitoramento realizado resultado de sódio de 88,4 mg.L⁻¹. Este valor está abaixo do valor máximo definido pela portaria ANVISA 2.914 para água potável, onde estabelece valor máximo de 200 mg.L⁻¹. Também a resolução CONAMA 357, que classifica as águas e definem inclusive padrões para águas destinadas á irrigação de várias culturas, não estabelece padrões para o elemento sódio.

A Tabela 5 abaixo apresenta a avaliação da quantidade de sódio adicionada no solo anualmente, comparando os valores permitidos pela norma CETESB P 4.233. Temos uma aplicação de 988 Kg Na total.ha⁻¹.ano⁻¹, abaixo do valor definido pela norma de 1000 Kg Na total.ha⁻¹.ano⁻¹.

Tabela 5: Avaliação de aplicação de sódio no solo – Ducoco Alimentos S/A.

Resultado Análise Solo mg Na.(dm ³) ⁻¹ 1	Resultado Análise Efluente mg Na.L ⁻¹	Volume irrigado diário L.ha ⁻¹ 2	Volume irrigado anual m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Aplicação Anual de Sódio Kg Na total.ha ⁻¹	Aplicação Anual de Sódio Máxima Permitida Kg Na total.ha ⁻¹ 3
28	88,4	30616	11174,84	987,86	1000

(1) Análise na camada 20 - 40 cm, onde fica sistema radicular do coqueiro

(2) Resultado obtido do volume médio diário efluente gerado.

(3) Aplicação considerando solos argilosos, de acordo com a norma CETESB P 4.233/set 09, aplicada para Lodos de curtumes - critérios para o uso em áreas agrícolas.

Características encontradas no solo quanto à composição de nutrientes:

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de solo nos anos de 2011 e 2012, com o objetivo de demonstrar se a irrigação alterou as características do solo. A tabela também apresenta dados de referência para comparativo.

O solo analisado não apresenta a presença de **alumínio**, estando abaixo de 0,4 que é o valor máximo recomendado e indicando que o efluente usado na fertirrigação, devido à baixa concentração de alumínio, não está alterando a composição do solo.

Os resultados para o parâmetro **boro** apresentam pequena variação, que se deve à diferenças no próprio solo, como também variações de análises. Os valores encontrados estão dentro das faixas recomendadas para este micro elemento, não sendo necessária a adição de fertilizantes químicos. O efluente utilizado na fertirrigação, conforme dados apresentados na Tabela 3, apresenta baixas concentrações deste elemento e por isso não irá causar saturação do solo com boro.

O solo analisado apresentou no último monitoramento realizado, resultado de **cálcio** pouco acima da faixa considerada média e também se observa aumento da concentração, embora ainda dentro de faixas recomendadas, decorrente de adubações realizadas com calcário. Este

elemento em excesso, não é prejudicial ao coqueiro que consegue absorver grandes quantidades do elemento (Filho, 2002). Ajustes na adubação podem ser realizadas para reduzir estes valores no solo.

Os elementos **cobre, ferro, fósforo, manganês e zinco**, pela observação dos dados da Tabela 6, estão se mantendo constantes ao longo dos monitoramentos realizados e todos dentro das faixas recomendadas. As quantidades de cobre presentes no solo são suficientes e não se faz necessário a suplementação com adubo. Para os elementos ferro e manganês, devido à quantidade presente no solo e adição através da fertirrigação, também não é necessário a adição de adubo químico. Para os elementos fósforo e zinco, devido à baixa concentração no efluente e quantidades presentes no solo, é realizado a suplementação com fertilizantes para atender a necessidade da planta do coqueiro.

O solo analisado apresenta **pH** neutro, sem acidez prejudicial à fertilidade e desenvolvimento sadio das plantas. Esta característica também é confirmada pelos valores encontrados para Capacidade de Troca Catiônica - CTC efetiva e à pH 7, saturação de bases, saturação de potássio, magnésio e alumínio, soma de bases e resultado de acidez potencial (H + Al⁵⁺), todos dentro da faixa recomendada. A

saturação de cálcio apresenta valor pouco acima da faixa considerada como média, devido aos valores de cálcio estarem também pouco acima da faixa

recomendada. Devido as características do efluente analisado, que apresenta pH próximo à neutralidade, não está ocorrendo alteração no equilíbrio ácido-base do solo.

Tabela 6: Resultados de análise de monitoramento de solo.

ANÁLISE DE SOLO		Valores de Referência*			11/04/11		09/08/11		24/01/12	
Parâmetro	Unidade	Baixo	Médio	Alto	0 - 20 cm	20 - 40 cm	0 - 20 cm	20 - 40 cm	0 - 20 cm	20 - 40 cm
Alumínio	cmol _c .dm ⁻³	<0,4	0,4-1	>1	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
Argila dispersa em água	g.Kg ⁻¹	-	-	-	160,00	120,00	100,00	180,00	180,00	140,00
Boro	mg.dm ⁻³	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	0,23	0,28	0,47	0,49	0,68	0,59
Cálcio	cmol _c .dm ⁻³	<1,5	1,5-4,0	>4,0	3,90	3,80	2,60	2,50	4,90	4,60
Cobre	mg.dm ⁻³	0,6-1,5	1,5-20	>20	2,10	1,80	1,70	1,50	1,50	1,30
CTC à pH 7	cmol _c .dm ⁻³	<4,6	4,6-10	>10	5,90	5,50	6,30	5,30	6,30	6,10
CTC efetiva	cmol _c .dm ⁻³	<2,6	2,6-6	>6,0	4,40	4,20	3,60	2,90	5,20	4,80
Enxofre	mg.dm ⁻³	<5,0	5 - 10.	> 10	38,00	34,00	58,00	12,00	22,00	28,00
Ferro	mg.dm ⁻³	21-31	31-200	> 200	90,00	73,00	188,00	48,00	70,00	78,00
Fósforo Melich	mg.dm ⁻³	<5	5-10.	>10	9,00	7,00	3,00	2,00	6,00	8,00
H + Al5	cmol _c .dm ⁻³	<2,6	2,6-5	>5	1,50	1,30	2,80	2,40	1,10	1,30
Índice Saturação por Sódio	%	< 20	-	-	4,90	4,80	2,50	2,30	1,80	1,80
Magnésio	cmol _c .dm ⁻³	<0,6	0,6-1,0	>1	0,30	0,20	0,70	0,20	0,20	0,10
Manganês	mg.dm ⁻³	5-11.	12-130	>130	100,00	93,00	53,00	60,00	43,00	114,00
Matéria Orgânica	dag.Kg ⁻¹	<1,6	1,6-3	>3	2,10	1,90	3,20	2,80	2,20	2,00
Potássio	mg.dm ⁻³	<60	60-150	>150	72,00	60,00	62,00	59,00	53,00	55,00
Relação Ca/K	-		15:1		21,10	24,50	16,40	16,50	36,10	32,60
Relação Ca/Mg	-		4:1		13,00	19,00	3,70	12,50	24,50	46,00
Relação Mg/K	-		5:1		1,60	1,30	4,40	1,30	1,50	0,70
Saturação de Bases	%	26-50	51-70	71-90	74,50	76,20	55,30	54,30	82,60	78,80
Saturação de Cálcio na CTC à pH 7	%	0-60	60-65	>65	66,30	69,70	41,50	47,60	77,30	74,90
Saturação de Potássio na CTC à pH 7	%	3-5	5	>5	3,10	2,80	2,50	2,90	2,10	2,30
Saturação de Magnésio na CTC à pH 7	%	7-10	10-15	>15	5,10	3,70	11,20	3,80	3,20	1,60
Saturação por Alumínio	%	<21	21-40	41-60	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Sódio	mg.dm ⁻³	<60	60-100	>100	66,00	60,00	37,00	28,00	26,00	26,00
Soma de Bases	cmol _c .dm ⁻³	<2,1	2,1-5	>5	4,40	4,20	3,50	2,90	5,20	4,80
Zinco Total	mg.dm ⁻³	4,1-6,9	7-40	>40	8,80	7,70	3,30	2,40	7,1	5,60
-	-	Acidez Média	Acidez Fraca	Neutro						
pH em água	-	5,1-6	6,1-6,9	7	7,00	7,30	5,60	5,70	7,10	7,00

* Valores de referência baseados nos manuais de recomendação de adubação do Estado de Espírito Santo (2001 e 2007), Minas Gerais (1999) e São Paulo (1996).

Observa-se que o resultado para **enxofre** vem se mantendo constante, sem alteração devido à fertirrigação, valor este coerente com o resultado baixo de sulfato encontrado no efluente (3 mg.L^{-1}) e bem abaixo do valor máximo permitido de 250 mg.L^{-1} . Os valores encontrados, embora acima da recomendação geral para solos, não é prejudicial ao desenvolvimento da planta e se devem às características do próprio solo. Não foram encontrados na literatura estudada, parâmetros de recomendação exclusivos para esta cultura.

Os valores para **magnésio** não vem apresentando alterações, se observado os resultados dos monitoramentos já realizados, indicando também que a fertirrigação não está alterando a concentração deste elemento no solo.

Os resultados para **matéria orgânica** do solo analisado estão dentro da faixa ideal. O efluente utilizado na fertirrigação, que contém pequenas quantidades de matéria orgânica, observada através dos resultados de demanda bioquímica de oxigênio, contribuem positivamente para manter estes resultados dentro das faixas recomendadas.

Segundo avaliação de fertirrigação apresentada acima, o **potássio** presente no efluente não é suficiente para atender as necessidades desta planta. Devido à isto, é

realizada a adubação com fertilizante cloreto de potássio. Os resultados encontrados no solo analisado se encontram próximo à faixa recomendada, levemente abaixo.

Os resultados para **sódio** nos monitoramentos já realizados apresentam-se constantes e sem alteração, indicando que o efluente não está causando a salinização do solo. Também os valores encontrados estão na faixa classificada como “baixa”, o que é benéfico para o solo, conforme dados já apresentados neste artigo.

Pela avaliação dos dados de análise do solo, pode-se verificar que o efluente tratado usado para fertirrigação do coqueiral não impacta negativamente nas características do solo, como também no desenvolvimento sadio das plantas. Alguns elementos presentes contribuem com adição de nutrientes necessários para o desenvolvimento das mesmas.

Economia de água

A estação de tratamento de efluentes gera em média $90 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ de efluente, que podem ser utilizados para fertirrigação da plantação experimental de coqueiros.

Já a indústria de derivados de coco objeto deste trabalho, que gera este efluente, consome em média $230 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$

de água por dia, sendo 60% em seus processos incluindo limpeza e 40% como matéria-prima em seu produto.

Considerando que se não fosse realizado o reuso de efluente tratado para irrigação de coqueiros o consumo de água passaria a ser de $320 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, temos que esta indústria economiza 28% da água que seria necessária e retirada de recursos naturais.

4. CONCLUSÕES

Pela avaliação dos dados obtidos, pode-se considerar que o solo não apresenta alteração de suas características devido à fertirrigação com efluente industrial tratado. Não está ocorrendo salinização, acidificação ou saturação por algum elemento no solo.

O efluente utilizado contribui de forma positiva na plantação de coqueiros, fornecendo vários nutrientes importantes para o desenvolvimento sadio das plantas, permitindo a redução de fertilizantes químicos adicionados.

A fertirrigação se mostra uma prática /que contribui com a redução de impactos ambientais, pois além de aproveitar os nutrientes presentes no efluente para adubação e assim reduzir o consumo de fertilizantes, reduz o consumo de água que seria necessária para irrigação e evita o lançamento do efluente com potencial poluidor em corpo receptor.

5. REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. New York: APHA, 2005.
- BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.
- BERNARDI, C. C. Reuso de Água para Irrigação. 2003.52 f. Monografia (Pós-graduação em nível *lato sensu*) - *Ecobusiness School*, Fundação Getúlio Vargas, Distrito Federal, 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2914. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: DOU de 12/12/2011.
- BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. Conceito de reuso de água. In: MANCUSO, S.; SANTOS, H.H. Reuso de água. São Paulo: ABES, 2002, Cap. 2, p. 20-36.
- CETESB, São Paulo. Norma P4.233. Lodos de curtumes – Critérios para o uso em áreas agrícolas e procedimentos para apresentação de projetos. São Paulo: CETESB, 1999.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA); Resolução n.º. 357 de 15 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

- FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. Economia dos recursos hídricos. Salvador: EDUFBA, 2002.
- FILHO, L.A.M. Cultivo de coco anão. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2002, p. 322.
- MÁXIMO, C. C. Avaliação do emprego de efluentes sanitários tratados na irrigação ornamental no Distrito Federal, 2005.130 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- ONYANGO, E. Re: Oferta de água em 2025. In: Lista Fonte d'água. Disponível em: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Acesso em: 6/5/2013.
- SILVA, R. Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de culturas no Município de Lins, 2008.123 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- SOBRAL, L.F. Fertirrigação do coqueiro Anão Verde com N e K no Platô de Neópolis. In: FERTBIO, 26, 2004, Lages. Anais. Lages: UDESC/SBCS, 2004. CD-rom.
- TEIXEIRA, L.A.J., et. al. Recomendação de adubação e calagem para o coqueiro (*Cocos nucifera L.*) no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 519-520, dez. 2005.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of experts.* Technical report series N° 517. Genebra, 1973.